

USPS EXPRESS MAIL 10/587346

EV. 636 852 134 US

IAP5 Rec'd PCT/PTO 25 JUL 2005

COPY OF (GERMAN LANGUAGE) PCT APPLICATION  
PCT/DE2005/000750 AS FILED ON 23 APRIL 2005  
Flugtriebwerk

Die Erfindung betrifft ein Flugtriebwerk, insbesondere ein Gasturbinen-  
triebwerk, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Triebwerke von Flugzeugen, sei es zivile Flugtriebwerke oder militärische  
Flugtriebwerke, erzeugen neben einem Vorschub zur Fortbewegung des Flug-  
zeugs auch Energie zur Versorgung von Anbaueinrichtungen bzw. Nebenaggre-  
gaten der Gasturbine oder zur Versorgung flugzeugseitiger Systeme, wie  
zum Beispiel der Klimaanlage. Bei den Anbaueinrichtungen, Nebenaggregaten  
oder auch flugzeugseitigen Systemen eines Flugtriebwerks kann es sich um  
hydraulisch, pneumatisch oder elektrisch bzw. elektromotorisch angetrie-  
bene Einrichtungen, Aggregate oder Systeme handeln.

Bei der Entwicklung von Flugzeugen ist ein eindeutiger Trend dahingehend  
festzustellen, dass zunehmend mehr elektrische Energie im Flugzeug benö-  
tigt wird. Dies liegt zum einen darin begründet, dass hydraulisch oder  
pneumatisch betriebene Flugzeugsysteme (zum Beispiel Klimaanlage oder Ak-  
tuatoren) durch elektromotorisch betriebene Systeme ersetzt werden, und  
dass andererseits ein immer größerer Energiebedarf pro Sitzplatz im Flug-  
zeug benötigt wird. Die Flugtriebwerke müssen daher immer größere elekt-  
rische Leistungen bzw. eine immer größere elektrische Energie bereitstel-  
len. Derartige Flugtriebwerke werden auch als „More Electric Engine“  
(MEE) bezeichnet.

Zur Erzeugung von elektrischer Energie zur Versorgung der Anbaueinrich-  
tungen oder Nebenaggregate der Gasturbine sowie der flugzeugseitigen Sys-  
teme ist es aus dem Stand der Technik bereits bekannt, einem Kerntrieb-  
werk der Gasturbine mechanische Energie zu entnehmen, die z. B. für den  
Antrieb von Pumpen und Generatoren verwendet wird. Die DE 41 31 713 C2  
zeigt ein Flugtriebwerk, wobei einem Kerntriebwerk Wellenleistung entnom-  
men wird und diese Wellenleistung Nebenaggregaten zugeführt wird.

Nach dem Stand der Technik wird die dem Kerntriebwerk eines Flugtrieb-  
werks entnommene Wellenleistung entweder unmittelbar zum Betreiben pneu-  
matischer oder hydraulischer Einrichtungen, Aggregate oder Systeme eines  
Flugzeugs verwendet, oder es wird die entnommene Wellenleistung in elekt-  
rische Energie gewandelt. Zur Wandlung der dem Kerntriebwerk entnommenen,  
mechanischen Wellenleistung in elektrische Energie dienen Generatoren,  
die nach dem Stand der Technik üblicherweise ins Kerntriebwerk integriert  
sind. In das Kerntriebwerk integrierte Generatoren sind extremen Be-

triebsbedingungen, so zum Beispiel sehr hohen Temperaturen, ausgesetzt. Es sind daher nach dem Stand der Technik aufwendige Maßnahmen zur Kühlung der Generatoren erforderlich. Hierdurch erhöhen sich die Kosten für das Flugtriebwerk.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Flugtriebwerk zu schaffen.

Dieses Problem wird durch ein Flugtriebwerk im Sinne von Patentanspruch 1 gelöst. Erfindungsgemäß ist der oder jeder Generator zur Erzeugung elektrischer Energie in mindestens eine sich in radialer Richtung des Fanströmungskanals erstreckende Strebe integriert und damit innerhalb des Fanströmungskanals positioniert.

Mit der hier vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, die Generatoren zur Erzeugung elektrischer Energie in sich in radialer Richtung des Fanströmungskanals erstreckende Streben zu integrieren. Die Generatoren sind demnach nicht in das Kerntriebwerk des Flugtriebwerks integriert, sondern vielmehr außerhalb desselben im Fanströmungskanal positioniert. Die Generatoren sind hierdurch relativ sauberen sowie moderaten Betriebsbedingungen ausgesetzt, sodass auf aufwendige Kühlmechanismen zur Kühlung der Generatoren verzichtet werden kann. Weiterhin sind bei einem erfindungsgemäß ausgebildeten Flugtriebwerk die Generatoren zur Erzeugung elektrischer Energie leicht zugänglich und damit zu Wartungsarbeiten leicht vom Flugtriebwerk demontierbar.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der oder jeder Generator von einer durch den Fanströmungskanal strömenden Luftströmung kühlbar, wobei hierzu in die oder jede Strebe, in welche der oder jeder Generator integriert ist, Öffnungen integriert sind, um einen Teil der den Fanströmungskanal durchströmenden Luftströmung zur Kühlung an dem oder jedem Generator vorbei zu bewegen.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematisierte Darstellung eines erfindungsgemäßen Flugtriebwerks.

Unter Bezugnahme auf Fig. 1 wird die erfindungsgemäße Gasturbine nachfolgend in größerem Detail beschrieben.

Fig. 1 zeigt einen schematisierten Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes Flugtriebwerk 10, wobei das Flugtriebwerk 10 der Fig. 1 einen Fan 11 sowie ein Kerntriebwerk 12 umfasst. Der Fan 11 umfasst ein Fangehäuse 13, wobei das Fangehäuse 13 einen Fanströmungskanal begrenzt. Weiterhin umfasst der Fan 11 mindestens ein Lüfterrad 14. Der Fan 11 stellt einen Niederdruckverdichter dar.

Das Kerntriebwerk 12 umfasst mindestens einen Verdichter, mindestens eine Brennkammer sowie mindestens eine Turbine. Im gezeigten Ausführungsbeispiel umfasst das Kerntriebwerk 12 zwei Verdichter, nämlich einen Mitteldruckverdichter 15 und einen Hochdruckverdichter 16. Stromabwärts des Hochdruckverdichters 16 schließt sich eine Brennkammer 17 an. Stromabwärts der Brennkammer 17 sind eine Hochdruckturbine 18 sowie eine Niederdruckturbine 19 des Kerntriebwerks 12 positioniert.

Fig. 1 kann weiterhin eine das Kerntriebwerk 12 durchdringende Welle 20 entnommen werden. Der Welle 20 des Kerntriebwerks 12 ist zur Erzeugung elektrischer Energie mechanische Wellenleistung entnehmbar. Die dem Kerntriebwerk 12 entnommene mechanische Wellenleistung wird mindestens einem Generator zur Erzeugung elektrischer Energie zugeführt.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung ist der oder jeder Generator zur Erzeugung elektrischer Energie aus der dem Kerntriebwerk 12 entnommenen Wellenleistung in mindestens eine sich in radialer Richtung des Fanströmungskanals erstreckende Strebe integriert und damit innerhalb des Fanströmungskanals positioniert.

Fig. 1 zeigt stark schematisiert eine sich in radialer Richtung des Fanströmungskanals erstreckende Strebe 21, durch die eine Antriebswelle 22 geführt ist, mithilfe derer der Welle 20 des Kerntriebwerks 12 mechanische Wellenleistung entnommen werden kann. Diese Antriebswelle 22 ist am radial innenliegenden Ende des Fanströmungskanals und damit am radial innenliegenden Ende der Strebe 21 über eine erste Gearbox 23 mit der Welle 20 des Kerntriebwerks 12 gekoppelt. Diese Gearbox 23 ist vorzugsweise als drehzahlerhöhende Gearbox ausgeführt, um die Wellendrehzahlen der Welle 20 des Kerntriebwerks 12 in generatorgerechte Drehzahlen zu wandeln. Die drehzahlerhöhende Gearbox ist insbesondere als epizyklische Gearbox ausgebildet und wird auch als „Transfer Gearbox“ bezeichnet.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung ist in die Strebe 21 ein in Fig. 1 schematisiert dargestellter Generator 24 zur Erzeugung elektrischer Energie integriert. Der Generator 24 ist demnach innerhalb des Fanströmungskanals angeordnet und dort lediglich relativ geringen Temperaturen ausgesetzt. In die Strebe 21 können zur Kühlung des Generators 24 Öffnungen integriert sein, um einen Teil der den Fanströmungskanal durchströmenden Luftströmung zur Kühlung des Generators 24 an demselben vorbei zu bewegen.

Am radial außenliegenden Ende des Fanströmungskanals bzw. der Strebe 21 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel der in die Strebe 21 integrierte Generator 24 über eine zweite Gearbox 25 mit Anbaueinrichtungen 26 und 27 des Flugtriebwerks gekoppelt. Die zweite Gearbox 25 wird auch als „Accessory Drive Gearbox“ bezeichnet. Bei der Anbaueinrichtung 26 handelt es sich zum Beispiel um ein Hydrauliksystem des Flugtriebwerks, bei der Anbaueinrichtung 27 handelt es sich zum Beispiel um eine elektrisch betriebene Regelungseinrichtung bzw. Steuerungseinrichtung.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung sind neben dem Generator 24 auch elektrische bzw. elektronische Baugruppen zur Leistungsregelung in die Strebe 21 integriert.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung ist die Strebe 21 zusammen mit dem in die Strebe 21 integrierten Generator 24 sowie der gegebenenfalls ebenfalls in die Strebe 21 integrierten Leistungselektronik als Einheit aus dem Fanströmungskanal demontierbar. Hierdurch ist gewährleistet, dass diese Einheit für Wartungsarbeiten leicht zugänglich ist. Zu Wartungsarbeiten am Generator 24 sowie in der entsprechenden Leistungselektronik müssen demnach am Flugtriebwerk als solchen dann keine Arbeiten vorgenommen werden.

Der in die Strebe 21 integrierte Generator 24 verfügt über mindestens einen Ständer sowie mindestens einen Läufer. Der oder jeder Ständer des Generators ist dabei ortsfest in die Strebe 21 integriert. Der oder jede Läufer des Generators ist derart in die Strebe 21 integriert, dass eine Relativrotation zu dem oder jedem Ständer des Generators 24 möglich ist. Wie bereits erwähnt, ist der Generator 24 über die erste Gearbox 23 mit der Welle 20 des Kerntriebwerks 12 gekoppelt. Insbesondere ist die Antriebswelle 22 mit der Welle 12 des Kerntriebwerks 12 gekoppelt und treibt den oder jeden Läufer des Generators 24 an.

Der Generator 24 bzw. die Strebe 21, in welche der Generator 24 integriert ist, sind über geeignete Lager insbesondere mit der Welle 20 des Kerntriebwerks 12 gekoppelt. Ebenso sind in die Strebe 21 Lager für den Generator 24 integriert. Weiterhin ist am radial außenliegenden Ende der Strebe 21 ein geeignetes Lager zur Ankoppelung an die Anbaueinrichtungen 26 und 27 vorgesehen. Die Lager können zum Beispiel als keramische Lager ausgebildet sein.

Der vom Generator 24 bereitgestellte Strom hängt prinzipiell von der Drehzahl der Welle 20 des Kerntriebwerks 12 ab. Um einen von der Drehzahl der Welle 20 unabhängigen Gleichstrom bereitzustellen, ist in die Strebe 21 eine entsprechende Leistungselektronik integriert. Mithilfe der Leistungselektronik ist es möglich, unabhängig von der Drehzahl der Welle 20 des Kerntriebwerks 12 eine Ausgangsgleichspannung von in etwa 270 V bereitzustellen. Der Generator 24 wird im Sinne der hier vorliegenden Erfindung so dimensioniert, dass derselbe eine elektrische Ausgangsgröße von 100 bis 150 kVA bereitstellen kann.

Der in die Strebe 21 integrierte Generator kann im Sinne der hier vorliegenden Erfindung auch als Motor zum Starten des Flugtriebwerks eingesetzt werden.

Obwohl in Fig. 1 lediglich eine Strebe 21 mit einem darin integrierten Generator 24 dargestellt ist, können im Sinne der hier vorliegenden Erfindung auch mehrere Streben mit darin integrierten Generatoren sich im Bereich des Fanströmungskanals erstrecken.

Die in die Streben integrierten Generatoren und die zugehörige Elektronik bzw. Leistungselektronik können mehrstufig bzw. modular ausgebildet sein. In diesem Fall ist jeweils ein „Stapel“ aus mehreren Generatoren mit entsprechender Elektronik in die Streben integriert. Hierdurch kann für eine Vielzahl unterschiedlicher Flugtriebwerke bei geringen Kosten die jeweils benötigte elektrische Leistung bereitgestellt werden. Weiterhin ergeben sich Vorteile bei der Wartung der Flugtriebwerke. Es müssen lediglich eine geringe Anzahl von gleichen Modulen für die Wartung bereitgehalten werden.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass die oder jede Strebe, in welche Generatoren zur Erzeugung elektrischer Energie integriert sind, in radialer Richtung des Fanströmungskanals eine große Erstreckung aufweisen, in axialer Richtung sowie in Umfangsrichtung des Fanströmungskanals jedoch eine geringe Erstreckung aufweisen. Die Streben mit den darin integrier-

ten Generatoren verfügen demnach über ein großes Verhältnis von Länge zu Durchmesser. Hierdurch ist gewährleistet, dass die Luftströmung durch den Fanströmungskanal so gut wie nicht beeinträchtigt wird.

## Patentansprüche

1. Flugtriebwerk, insbesondere Gasturbinentriebwerk, mit mindestens einem Fan (11) und einem Kerntriebwerk (12), wobei der Fan (11) ein Fanggehäuse (13), welches einen Fanströmungskanal begrenzt, und mindestens ein Lüfterrad (15) aufweist, und wobei das Kerntriebwerk (12) mindestens einen Verdichter (15, 16), mindestens eine Brennkammer (17) und mindestens eine Turbine (18, 19) aufweist, und mit mindestens einem Generator (24) zur Erzeugung elektrischer Energie, wobei der oder jeder Generator (24) aus dem Kerntriebwerk (12) entnommener Wellenleistung elektrische Energie erzeugt, dadurch gekennzeichnet, dass der oder jeder Generator (24) zur Erzeugung elektrischer Energie in mindestens eine sich in radialer Richtung des Fanströmungskanals erstreckende Strebe (21) integriert und damit innerhalb des Fanströmungskanals positioniert ist.
2. Flugtriebwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der oder jeder Generator (24) bzw. die oder jede Strebe (21), in welche der oder jeder Generator (24) integriert ist, als Einheit aus dem Fanströmungskanal zur Wartungsarbeiten demontierbar ist.
3. Flugtriebwerk nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der oder jeder Generator (24) von einer durch den Fanströmungskanal strömenden Luftströmung kühlbar ist, wobei hierzu in die oder jede Strebe (21), in welche der oder jeder Generator (24) integriert ist, Öffnungen integriert sind, um einen Teil der den Fanströmungskanal durchströmenden Luftströmung zur Kühlung an dem oder jedem Generator (24) vorbei zu bewegen.
4. Flugtriebwerk nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Generator (24) mindestens einen Ständer und mindestens einen Läufer aufweist, wobei der oder jede Generator, insbesondere der Läufer desselben, an einem radial innenliegenden Ende über eine erste Gearbox (23) mit der Welle (20) des Kerntriebwerks (12), von der Wellenleistung entnommen wird, gekoppelt ist.

5. Flugtriebwerk nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der oder jeder Ständer ortsfest innerhalb der jeweiligen Strebe (21) positioniert ist, und dass der oder jeder Läufer innerhalb der jeweiligen Strebe (21) relativ zu dem oder jedem Ständer rotiert.
6. Flugtriebwerk nach Anspruch 4 oder 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die erste Gearbox (23), über welche der oder jeder Generator (24) mit der Welle (20) des Kerntriebwerks (12) gekoppelt ist, als drehzahlerhöhende Gearbox ausgebildet ist.
7. Flugtriebwerk nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der oder jeder Generator (24) an einem radial außenliegenden Ende des Fanströmungskanal über eine zweite Gearbox (25) mit pneumatisch und/oder hydraulisch betriebenen Anbaueinrichtungen (26) des Flugtriebwerks gekoppelt ist.
8. Flugtriebwerk nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zusätzlich zu dem oder jedem Generator (24) auch elektronische Baugruppen zur Leistungsregelung des oder jedes Generators (24) in die jeweilige Strebe (21) integriert sind.
9. Flugtriebwerk nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der oder jeder Generator (24) auch im Motorbetrieb zum Starten des Flugtriebwerks einsetzbar ist.



### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Flugtriebwerk, insbesondere ein Gasturbinen-  
triebwerk.

Das Flugtriebwerk umfasst mindestens einen Fan (11) und ein Kerntriebwerk (12), wobei der Fan (11) ein Fanggehäuse (13), welches einen Fanströmungskanal begrenzt, und mindestens ein Lüfterrad (15) aufweist, und wobei das Kerntriebwerk (12) mindestens einen Verdichter (15, 16), mindestens eine Brennkammer (17) und mindestens eine Turbine (18, 19) aufweist. Weiterhin weist das Flugtriebwerk mindestens einen Generator (24) zur Erzeugung elektrischer Energie auf, wobei der oder jeder Generator (24) aus dem Kerntriebwerk (12) entnommener Wellenleistung elektrische Energie erzeugt.

Erfindungsgemäß ist der oder jeder Generator (24) zur Erzeugung elektrischer Energie in mindestens eine sich in radialer Richtung des Fanströmungskanals erstreckende Strebe (21) integriert und damit innerhalb des Fanströmungskanals positioniert.

(Fig. 1)

USPS EXPRESS MAIL  
EV 636 852 134 US  
JULY 25 2006